

**Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП  
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям  
развития научно-технологического комплекса России на 2014 -  
2020 годы»**

**Номер Соглашения о предоставлении субсидии/государственного  
контракта:** 14.578.21.0016

**Название проекта:** Разработка методов моделирования  
теплофизических свойств термоэлектрических материалов и структур и  
создание эффективных термоэлектрических тепловых насосов для  
преобразования низкопотенциальной тепловой энергии

**Основное приоритетное направление:** Энергоэффективность,  
энергосбережение, ядерная энергетика

**Исполнитель:** федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования "Национальный исследовательский  
университет "Московский институт электронной техники"

**Руководитель проекта:** Шерченков Алексей Анатольевич

**Должность:** Профессор

**E-mail:** rmaks1988@yahoo.com

**Ключевые слова:** энергосбережение, возобновляемые источники, тепловые  
насосы, низкопотенциальная тепловая энергия, термоэлектрические  
материалы, модули пельтье, тепловое расширение, термодинамическое  
моделирование, аппаратно - программные средства.

### **Цель проекта**

Создание эффективных термоэлектрических преобразователей для  
использования альтернативных источников тепловой энергии.  
Создание эффективных термоэлектрических тепловых насосов,  
преобразующих геотермальную тепловую энергию с целью отопления и  
кондиционирования зданий и сооружений.

### **Основные планируемые результаты проекта**

- 1) Метод и математическая модель для определения линейных размеров термоэлектрического устройства при изменении температуры.
- 2) Технология герметизации термоэлектрических модулей, используемых в составе термоэлектрических блоков ТН. Экспериментальные образцы герметичных модулей.
- 3) Экспериментальный образец термоэлектрического блока для ТН. Методика и измерительный комплекс для исследований термоэлектрических устройств.
- 4) Методика и аппаратно-программный измерительный комплекс для исследования термоэлектрических ТН.
- 5) Метод и математическая модель для определения коэффициента преобразования термоэлектрических тепловых насосов, для различных режимов их эксплуатации.
- 6) Метод и математическая модель расчета конструкции внешнего контура теплового насоса для различных теплофизических условий его эксплуатации.
- 7) Экспериментальный образец термоэлектрического теплового насоса. Технология герметизации термоэлектрических модулей должна обеспечивать надежность и механическую прочность термоэлектрических модулей при

эксплуатации до 98% влажности. Потери по разности температур модуля после герметизации не должны превышать 4 % от максимальной разности температур термоэлектрического модуля, которая должна быть не менее 68 °С. Максимальное напряжение питания модуля 15 В.

Технические характеристики экспериментального образца ТТН:

- 1) интервал рабочих температур: 0 °С...+80 °С;
- 2) тепло - холодопроизводительность: не менее 650 Вт;
- 3) расход теплоносителя в рабочих контурах (внешнем и внутреннем): до 300 л/ч;
- 4) контроль температуры теплоносителей во внешнем и внутреннем контурах с погрешностью не более 0,1 °С;
- 5) контроль расхода теплоносителей во внешнем и внутреннем контурах с погрешностью не более 2 %;
- 6) автоматическое управление режимами и параметрами ТН, обеспечиваемое микропроцессорной системой управления термоэлектрическим блоком и интеллектуальной системой контроля термодинамических параметров;
- 7) визуализация параметров и режимов системы отопления и кондиционирования, обеспечиваемых ТТН на компьютере;
- 8) обеспечение передачи информации в системе ТТН по беспроводным технологиям и, соответственно, возможности дистанционного контроля параметров и режимов ТТН;
- 9) модульный принцип построения ТТН, обеспечивающий возможность оперативного изменения тепло - холодопроизводительности теплового насоса.
- 10) обеспечение возможности оперативного изменения конфигурации и параметров внешнего и внутреннего контуров ТН.
- 11) коэффициент преобразования ТН не менее 1,5.

### **Краткая характеристика создаваемой/созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции**

Технология и экспериментальные образцы герметичных термоэлектрических модулей, предназначенных для изготовления термоэлектрических блоков. Экспериментальный образец термоэлектрического теплового насоса с коэффициентом преобразования не менее 1,5, работающего от внешнего горизонтального грунтового контура.

Метрологическое обеспечение для исследования и испытаний термоэлектрических устройств, включающее:

- методика и измерительный комплекс для исследования теплового расширения;
- методика и измерительный комплекс для исследования термоэлектрических устройств;
- методика и измерительный комплекс для исследования тепловых насосов.
- аппаратно-программные средства для интеллектуальных систем мониторинга термодинамических параметров тепловых насосов.

Научная новизна работы заключается в использовании комплексного, научно-обоснованного подхода к разработке методов моделирования и исследования теплофизических свойств термоэлектрических материалов и структур и

создание на основе полученных данных эффективных термоэлектрических тепловых насосов.

Герметичные термоэлектрические модули не имеют аналогов.

Термоэлектрические блоки по своим характеристикам соответствуют лучшим мировым аналогам.

На текущий момент выполнения проекта существенных ограничений и рисков не выявлено.

### **Назначение и область применения, эффекты от внедрения результатов проекта**

Термоэлектрический тепловой насос предназначен для отопления и кондиционирования зданий и сооружений. Снижение потребления энергии при использовании ТН в ЖКХ от 30 до 70% в режиме отопления, и от 20 до 50% в режиме кондиционирования. В настоящее время утверждена (распоряжением правительства РФ от 13 ноября 2009 г № 1715-р)

Энергетическая стратегия России на период до 2030 г, предусматривающая масштабное внедрение систем отопления, использующих ТН.

Разработанные и изготовленные в рамках проекта термоэлектрические модули и термоэлектрические устройства могут быть также использованы для регулирования и стабилизации температуры электронной, оптической и лазерной техники, в технологическом и метрологическом оборудовании, исследовательских измерительных комплексах. Можно с уверенностью утверждать, что в электронной технике, оборудовании, реализующее термоэлектрический метод регулирования температуры, является наиболее эффективным. Необходимо особо отметить большие перспективы для применения термоэлектрических устройств в вычислительной технике, а также для практического применения высокотемпературных сверхпроводников.

### **Текущие результаты проекта**

- 1) Выбраны и обоснованы направления исследований.
- 2) Разработаны методы термодинамического моделирования теплового расширения анизотропных кристаллов.
- 3) Проведено моделирование ТКЛР анизотропных кристаллов твердых растворов на основе  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ .
- 4) Разработаны программа и методика и измерительный аппаратно-программный комплекс для проведения экспериментальных исследований линейного теплового расширения материалов в интервале температур от минус 60 °С до 400 °С. Проведено исследование температурной зависимости ТКЛР твердых растворов на основе  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  n - и p - типа проводимости.
- 5) Проведены патентные исследования.
- 6) Разработаны методы расчета влияния герметизации на основные параметры термоэлектрических модулей.
- 7) Разработана технология герметизации и изготовлены герметичные термоэлектрические модули, используемых в составе термоэлектрических блоков ТН.

- 8) Разработан метод и математическая модель для определения коэффициента преобразования (КОП) термоэлектрических ТН при различных режимах их эксплуатации. Разработано программное обеспечение для расчета КОП.
- 9) Изготовлены и проведены исследования герметичных термоэлектрических модулей.
- 10) Разработана конструкция и изготовлен термоэлектрический блок для ТН, проведены его испытания.
- 11) Разработан метод и математические модели расчета конструкции внешнего контура ТН для различных теплофизических условий эксплуатации теплового насоса. Разработано программное обеспечение для расчета конструкции внешнего контура ТН.
- 12) Разработана методика и проведена оценка адекватности разработанных математических моделей.
- 13) Разработаны математические модели для функционирования интеллектуальных микропроцессорных систем управления термоэлектрическими устройствами.
- 14) Разработана программа и методика и проведены комплексные исследования механической прочности термоэлектрических устройств.
- 15) Разработан и изготовлен измерительный комплекс для исследований термоэлектрических устройств.
- 16) Разработан и изготовлен аппаратно-программный измерительный комплекс для исследования основных параметров тепловых насосов.